第３講　染色体と遺伝

(A)　家畜用のウシでは，ある１頭の父ウシの精子を複数の異なる母ウシの卵に人工的に受精させ，異母兄弟姉妹の関係にある複数の子ウシを生産していく交配様式が利用されている。このような交配様式を用いて，さまざまな形質の原因となる遺伝子の染色体上の位置を調べることができる。

ある遺伝病 X の原因遺伝子は単一であり，ウシの第１番染色体（常染色体）上にある。この遺伝病 X 原因遺伝子のウシ第１番染色体上での位置を決めるために，**図１**の家系を用いることとした。**図１**では，祖父母，親，子の３世代が示されており，□と■はオスを，○と●はメスを示している。図形を結ぶ線は，どのような個体間のかけ合わせでどの個体が生まれたかを示している。たとえば，父ウシと母ウシ１のかけ合わせで子ウシ１が生まれたことになる。また，この家系の n 頭の子ウシは，n 頭の母ウシから１頭ずつ生まれた子であり，n 頭の母ウシも，n 頭の母方祖母ウシから１頭ずつ生まれた子であった。この家系では，子ウシの世代において遺伝病 X を発症した個体（■または●）が高い頻度で見られた。父母ウシ，祖父母ウシのすべてが遺伝病 X を発症しなかったことから，遺伝病 X は［ア］形質であり，父ウシは遺伝病 X 原因遺伝子について［イ］の対立遺伝子と［ア］の対立遺伝子の両方をもつ［ウ］接合体であることがわかる。一方，遺伝病Xを発症した子ウシは，［ア］の対立遺伝子の［エ］接合体であることがわかる。

なお，①<u>**図１**の家系の子ウシ世代で発症した遺伝病 X は，すべて祖父ウシ由来の対立遺伝子に起因しており，どの祖母ウシも遺伝病 X を引き起こす対立遺伝子をもっていなかった</u>。

問１　文(A)中の［ア］～［エ］に適切な語を記入せよ。

問２　下線部①にもとづき, **図１**の家系において子ウシが遺伝病Xを発症する確率を記せ。なお, **図１**に示された発症個体の割合は, 必ずしも遺伝病Xを発症する確率を反映していない。

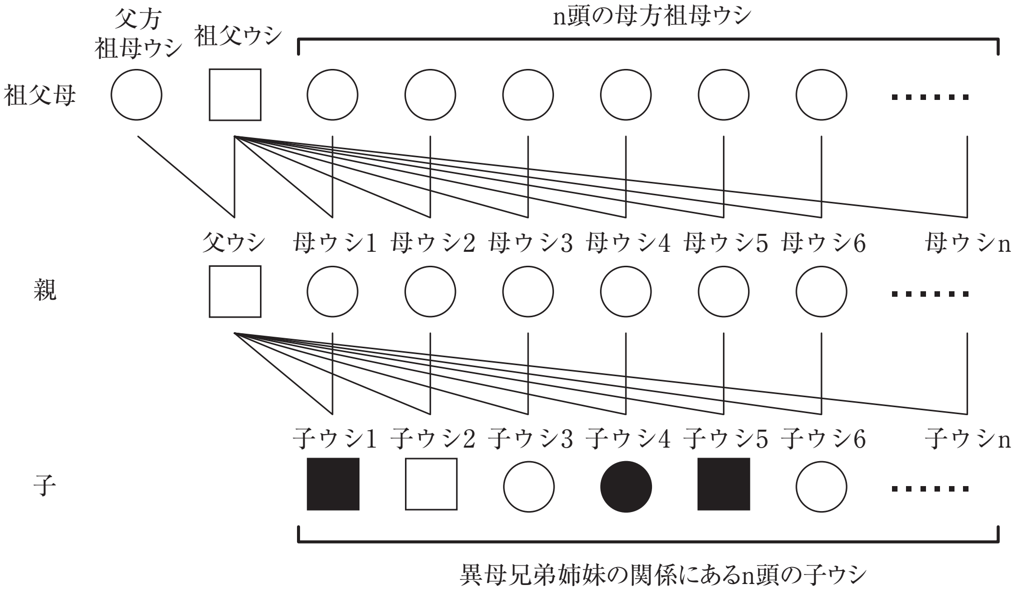


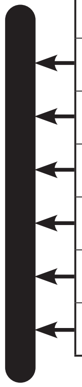
図１

(B)　同一の種内でも遺伝子のDNA塩基配列がわずかに異なる部分があり，これを利用すれば，それぞれの個体がどの種類（タイプ）の対立遺伝子をもつかを見分けられる。このような遺伝子をマーカー遺伝子（マーカー）として利用することで，相同染色体間での交さによる乗換えを調べることができる。

表１は，**図１**の家系の個体ごとに，第１番染色体上のマーカー遺伝子A～Fのタイプを調べた結果の一部（父ウシと子ウシ１～6）であり，縦１列が１頭の個体に対応する。**表１**の左に示すように，マーカー遺伝子A～Fはウシ第１番染色体上でA−B−C−D−E−Fの順に並んでいる。これらの個体では，マーカー遺伝子A～Fのいずれについても３つのタイプ（A1～A3など）が見分けられた。たとえば，父ウシではマーカー遺伝子AについてA1とA2のタイプの両方が見られた（**表１**では小さい数字のものが左になるように示されている）。②遺伝病Xを引き起こす対立遺伝子とその近傍のマーカー遺伝子は，同じ組み合わせで親から子へ伝達される可能性が高い。こうして，**図１**の家系でのマーカー遺伝子A～Fの伝達を追跡することで，遺伝病X原因遺伝子のウシ第１番染色体上での位置を調べることができる。

表１　遺伝病X発症と第１番染色体マーカー遺伝子のタイプ

個体	父ウシ	子ウシ1	子ウシ2	子ウシ3	子ウシ4	子ウシ5	子ウシ6
遺伝病X	非発症	発症	非発症	非発症	発症	発症	非発症
マーカーA	A1, A2	A2, A3	A1, A1	A1, A1	A1, A3	A1, A3	A1, A1
マーカーB	B1, B2	B2, B3	B1, B3	B1, B3	B1, B1	B1, B3	B2, B2
マーカーC	C1, C2	C2, C2	C2, C3	C2, C2	C2, C2	C2, C3	C1, C3
マーカーD	D1, D2	D1, D1	D1, D1	D2, D3	D1, D1	D1, D3	D2, D3
マーカーE	E1, E2	E2, E2	E1, E3	E1, E3	E2, E2	E2, E2	E1, E1
マーカーF	F1, F2	F1, F1	F2, F2	F2, F2	F2, F2	F1, F1	F2, F3


ウシの
第１番染色体

問３　**表２**は，子ウシ１～６における父ウシ由来の染色体上のマーカー遺伝子Ａのタイプを示す。**オ**～**コ**に，タイプを表すA1～A3のいずれかを記入せよ。

表２　マーカー遺伝子Aのタイプ

子ウシ１	子ウシ２	子ウシ３	子ウシ４	子ウシ５	子ウシ６
オ	**カ**	**キ**	**ク**	**ケ**	**コ**

問４　問３と同様に父ウシ由来のマーカー遺伝子Ｂ～Ｆのタイプを明らかにすると，父ウシにおける２つの相同染色体のそれぞれ（相同染色体P, Qとする）について，マーカーＡ～Ｆのタイプがどのようになっていたかが**図２**に示すように予想できる。**図２**の **サ** ～ **ツ** に，マーカー遺伝子Ｂ，Ｃ，Ｅ，Ｆのタイプを記入せよ。

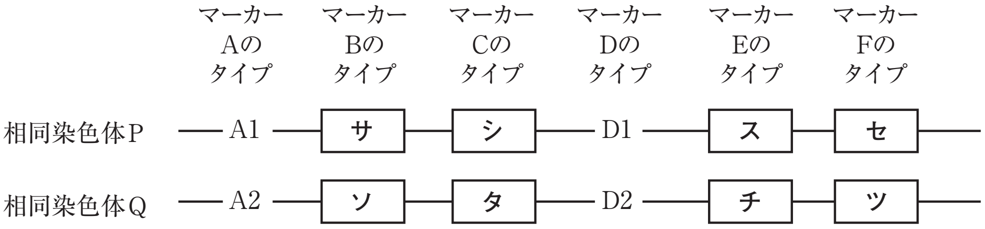


図２

問５　**表１**のデータをもとに，子ウシ１～６がもつ父ウシ由来の染色体に注目して，マーカー遺伝子Ｂとマーカー遺伝子Ｄとの間の組換え価を求めよ。ただし，答えは有効数字２けたで記せ。

問６　下線部②について，遺伝病Ｘ原因遺伝子は，**表１**のマーカー遺伝子Ａ～Ｆのどれと完全に連鎖しているか，マーカー遺伝子の記号を選べ。遺伝病Ｘを引き起こす対立遺伝子は，**図２**の相同染色体ＰとＱのどちらに存在していたと予想されるか，相同染色体の記号を選べ。また，解答した理由を，解答欄の枠の範囲内で説明せよ。

第３講

(A)

問１　**ア**　劣性　**イ**　優性　**ウ**　ヘテロ　**エ**　ホモ

問２　$\frac{1}{8}$

(B)

問３　**オ**　A2　**カ**　A1　**キ**　A1　**ク**　A1　**ケ**　A1　**コ**　A1

問４　**サ**　B1　**シ**　C2　**ス**　E2　**セ**　F1

ソ　B2　**タ**　C1　**チ**　E1　**ツ**　F2

問５　3.3×10%

問６　（マーカー遺伝子）　E　（相同染色体）　P

劣性形質である遺伝病 X を発症している個体は，原因遺伝子のホモ接合体となっており，その原因遺伝子の近傍にあるマーカー遺伝子もホモ接合である可能性が高い。**表１**から，遺伝病 X を発症している子ウシに共通であり，かつ，マーカー遺伝子がホモ接合になっているのは E2 のみであることから，遺伝病 X の原因遺伝子の遺伝子座はマーカー遺伝子 E と完全に連鎖しており，この原因遺伝子は相同染色体 P に存在していたと予測される。